



SKRIPSI ME-141501

**ANALISA PENGARUH *AIR LUBRICATION SYSTEM*
PADA LAMBUNG KAPAL TERHADAP PERFORMA
PROPELLER**

**DIOBA DILianto
NRP 4212100110**

**Dosen Pembimbing:
Ir.Alam Baheramsyah, M.Sc.
Taufik Fajar Nugroho,ST, M.Sc.**

**JURUSAN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2016**

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



FINAL PROJECT ME-141501

ANALYSIS EFFECT OF AIR LUBRICATION SYSTEM ON SHIP HULL TO PROPELLER PERFORMANCE

DIOBA DILIANTO
NRP 4212 100 110

Supervisor:
Ir. Alam Baheramasyah, M.Sc
Taufik Fajar Nugroho, ST, M.Sc

DEPARTMENT OF MARINE ENGINEERING
FACULTY OF MARINE TECHNOLOGY
SEPULUH NOPEMBER INSTITUTE OF TECHNOLOGY
SURABAYA 2016

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISA PENGARUH *AIR LUBRICATION SYSTEM* PADA LAMBUNG KAPAL TERHADAP PERFORMA PROPELLER

SKRIPSI

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada
Bidang Studi Marine *Machinery and System* (MMS)
Program Studi S-1 Jurusan Teknik Sistem Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

Dioba Dilianto
NRP 4212 100 110

Disetujui oleh Ketua Jurusan Teknik Sistem Perkapalan :



Dr. Eng. M. Badruz Zaman, S.T, M.T.
NIP.197708022008011007

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISA PENGARUH *AIR LUBRICATION SYSTEM* PADA LAMBUNG KAPAL TERHADAP PERFORMA PROPELLER

SKRIPSI

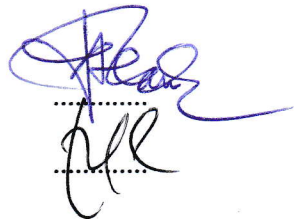
Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada
Bidang Studi *Marine Machinery and System* (MMS)
Program Studi S-1 Jurusan Teknik Sistem Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

Dioba Dilianto
NRP 4212 100 110

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir :

1. Ir.Alam Baheramsyah, M.Sc.
2. Taufik Fajar Nugroho,ST, M.Sc



SURABAYA

JULI, 2016

ANALISA PENGARUH *AIR LUBRICATION SYSTEM* PADA LAMBUNG KAPAL TERHADAP PERFORMA PROPELLER

Nama Mahasiswa : Dioba Dilianto
NRP : 4212100110
Jurusan : Teknik Sistem Perkapalan
Dosen Pembimbing : 1. Ir. Alam Baheramsyah, M.Sc.
2. Taufik Fajar Nugroho, ST.M.Sc
ABSTRAK

Air Lubrication System merupakan salah satu cara yang potensial untuk mengurangi konsumsi bahan bakar dengan cara mengurangi resistensi kapal tanpa perubahan bentuk lambung utama dan penurunan kecepatan operasional melainkan menurunkan komponen terbesar kapal yaitu tahanan gesek (*Frictional Resistance*). Hal tersebut dilakukan dengan cara memompa udara menggunakan kompresor melalui bawah lambung kapal. Akan tetapi, dimungkinkan *air lubrication system* akan berpengaruh terhadap *performa* propeller akibat terikutnya udara (*airdrawing*) di dalam aliran fluida air yang menuju propeller. Propeler adalah jenis baling-baling yang memberikan kekuatan dengan mengubah gerak rotasi menjadi gaya dorong. Perbedaan tekanan antara depan dan belakang permukaan airfoil berbentuk blade menghasilkan akselerasi air dibelakang blade.

Metode bollard pull adalah metode pengujian yang digunakan untuk uji kemampuan tarik pada kapal. Metode tersebut dilakukan dengan cara mengikatkan kapal dengan tambang pada sebuah tonggak sebagai penahan, serta diberi sensor beban/*force transducer*. Dari hasil percobaan yang dilakukan dengan metode Bollard pull test, menunjukkan penginjeksian udara di AP pada tekanan kompresor 4.5 bar terjadi penurunan nilai thrust yang besar, dari nilai standar 31.2 N menjadi 20.7 N. Sedangkan di midship dan FP, nilai thrust menjadi 28,4 N dan 27, 9 N.

Kata kunci: Pelumasan udara, *Propeller*, Gaya dorong, *Bollard pull test*

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

ANALYSIS AIR LUBRICATION SYSTEM ON SHIP HULL TO PROPELLER PERFORMANCE

Name : Dioba Dilianto
NRP : 4212100110
Department : Marine Engineering
Supervisor : 1. Ir. Alam Baheramsyah, M.Sc.
2. Taufik Fajar Nugroho, ST, M.Sc.

ABSTRAK

Air Lubrication System is one of potential way to reduce fuel consumption and resistance hull form of the ship without major change or decrease the operational speed but decrease the largest component of the ship that is the frictional resistance. This is doing by using a compressor pump air through the hull of the ship. However, it's possible water lubrication system will affect the performance of the propeller because of airdrawing in the fluid flow of water towards the propeller. Propeller is the type of propeller type which provides power to transform rotational motion into thrust force. The difference in pressure between the front and rear surface of the airfoil-shaped blade produces acceleration of water behind blade propeller.

Bollard pull method is a testing method for ability test of a pull of the ship. The method is done by bunding the ship with a rope on a bollard as a buffer, and using the load sensor / force transducer. From results of experiments conducted by Bollard pull test method, showing injection of air in AP at pressure of 4.5 bar compressor decrease thrust, from the value of the standard 31.2 N to 20.7 N. While at midship and FP, the value of thrust to 28.4 N and 27, 9 N.

Keyword: Air lubrication, Propeller, Thrust ,Bollard pull test

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR ISI

JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	v
ABSTRAK	ix
KATA PENGANTAR.....	xiii
DAFTAR ISI	xv
DAFTAR GRAFIK	xix
DAFTAR GAMBAR	xxi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Pembatasan Masalah	2
1.4 Tujuan.....	3
1.5 Manfaat.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Air Lubrication System/Sistem Pelumasan Udara	5
2.1.1 Cara Sistem Pelumasan Udara.....	6
2.1.2 Metode Penghasil Air Lubrication	8
2.2 Propeller	10
2.3 Teori Perancangan Baling-Baling	12
2.3.1 Teori Sederhana Aksi Baling – baling (Putaran mur pada baut)	12
2.3.2 Teori Momentum.....	12

2.3.3 Teori Elemen Daun	13
2.3.4 Teori Sirkulasi	15
2.4 Hukum Perbandingan/Similarity Law	16
2.5 Bollard Pull	20
BAB III METODE PENELITIAN	23
3.1 Metodologi Penulisan.....	23
3.1.1. Perumusan Masalah.....	23
3.1.2. Pembuatan model prototype kapal	23
3.1.3. Eksperimen	23
3.1.4 Percobaan	28
Langkah Percobaan I	28
Langkah Percobaan II.....	30
Langkah Percobaan III	34
3.1.5. Analisa Data dan Pembahasan.....	38
3.1.6. Saran dan Kesimpulan.....	38
3.2 Sistematika	39
BAB IV ANALISA DATA	41
4.1 Pengujian Arus pada Flow Channel	41
4.2 Analisa Pengaruh Pressure terhadap Thrust	42
4.3 Analisa Pengaruh Peletakan Injeksi Udara.....	47
BAB V KESIMPULAN	53
5.1 Kesimpulan.....	54
5.2 Saran.....	54

DAFTAR PUSTAKA.....	55
LAMPIRAN.....	53
BIODATA PENULIS.....	65

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR GRAFIK

Tabel 3.1 Alat dan Bahan Eksperimen	5
Tabel 4.1 Tabel Hasil Percobaan.....	5

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Mitsubishi Air Lubricating System (MALS).....	5
Gambar 2.2 Jenis Air Lubricating System	7
Gambar 2.3 Diagram skematik dari eksperimen microbubbles	8
Gambar 2.4 Gambar skematik pembentukan microbubbles.....	9
Gambar 2.5 Skematik Tabung venture	10
Gambar 2.6 Perubahan gaya rotational menjadi gaya axial	10
Gambar 2.7 Propeller	11
Gambar 2.8 Thrust propeller	16
Gambar 2.9 rasio skala	17
Gambar 2.10 Bollard pull test	20
Gambar 3.1 Prototype kapal.....	24
Gambar 3.2 Motor DC.....	24
Gambar 3.3 ESC.....	24
Gambar 3.4 Baterai.....	25
Gambar3.5 Remote control	25
Gambar 3.6 Pressure gauge	25
Gambar 3.7 Portable electronci scale	26
Gambar 3.8 Receiver	26
Gambar 3.9 Kompresor	26
Gambar 3.10 manifold.....	27
Gambar 3.11 Selang/ (sumber:dokumentasi pribadi).....	27
Gambar 3.12 Currentmeter (sumber:dokumentasi pribadi).....	27
Gambar 3.13 Persiapan prototype	28
Gambar 3.14 Pemasangan baterai	28
Gambar 3.15 Pemasangan receiver	29
Gambar 3.16 Bollard buatan	29
Gambar 3.17 currentmeter.....	30
Gambar 3.18 Prototype.....	30
Gambar 3.19 Pemasangan manifold.....	31

Gambar 3.20 Pemasangan baterai	31
Gambar 3.21 Pemasangan ESC.....	32
Gambar 3.22 Menghubungkan dengan kompresor	32
Gambar 3.23 Bollard buatan (praktikum 2)	33
Gambar 3.24 currentmeter (praktikum 2).....	33
Gambar 3.25 Dikaitkan dengan digital scale.....	34
Gambar 3.26 Persiapan prototype (praktikum 3)	34
Gambar 3.27 Pemasangan manifold (Praktikum 3)	35
Gambar 3.28 Pemasangan baterai (praktikum 3)	35
Gambar 3.29 Pemasangan ESC (praktikum 3).....	36
Gambar 3.30 menghuungkan dengan kompresor(praktikum 3).36	
Gambar 3.31 Pompa pembuat arus.....	37
Gambar 3.32 Currentmeter (praktikum 3).....	37
Gambar 3.33 Pengujian metode bollard pull test	38
Gambar 4.1 Pengujian arus menggunakan currentmeter (1).....	41
Gambar 4.2Pengujian arus menggunakan cureentmeter (2).....	41
Gambar 4.3 Hasil pengujian praktikum 1.....	42
Gambar 4.4 Grafik tekanan injeksi terhadap nilai thrust (Midship).....	43
Gambar 4.5 Grafik tekanan injeksi terhadap nilai thrust (FP)....	44
Gambar 4.6 Grafik Tekanan injeksi terhadap nilai thrust (AP)..	45
Gambar 4.7 Aliran udara menuju propeller.....	47
Gambar 4.8 Aliran udaratidak terikut menuju propeller (1).....	48
Gambar 4.9 Aliran udara tidak terikut menuju propeller (2).....	48
Gambar 4.10 Karateristik berupa lapisan udara	49
Gambar 4.11 aliran udara berbentuk gelembung berdiamater besar besar	50
Gambar 4.12 Aliran bersifat menyebar	50
Gambar 4.13 Grafik perbandingan terhadap variasi peletakan injeksi udara	51
Gambar 4.14 aliran berbentuk gelembung berdiameter kecil.....	51

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Energi menjadi isu yang hangat dibicarakan saat ini. Faktor ketersediaan energi mendorong beberapa pihak untuk mencari energi alternatif yang lain. Sumber energi terbarukan seperti energi matahari, angin, panas bumi, hingga energi gelombang sedang banyak dilirik dan diteliti. Tak hanya itu, penelitian terkait peningkatan efisiensi pun semakin digalakkan, terutama pada moda transportasi seperti kapal.

Salah satunya adalah *Air Lubrication System*. Hal tersebut dilakukan memberikan dampak terhadap penurunan konsumsi bahan bakar dan tetap memperhatikan aspek lingkungan) dengan cara mengurangi resistensi kapal tanpa perubahan bentuk lambung utama atau penurunan kecepatan operasional. Pelumasan udara dilakukan dengan cara memompa udara menggunakan kompresor melalui bawah lambung kapal.

Dengan demikian mengurangi daerah lambung yang mengalami kontak langsung dengan aliran fluida (dalam hal ini air laut). Jika diterapkan dengan benar, diperkirakan terjadi pengurangan NO_x, SO_x, partikulat dan emisi CO₂ serta peningkatan efisiensi dari kinerja motor diesel. Teknik pelumasan udara (*Air Lubrication*) dapat dibagi menjadi tiga kategori utama; *Bubble Drag Reduction* (BDR), *Air Layer Drag Reduction* (ALDR), dan *Partial Cavity Drag Reduction* (PCDR). Ketiga metode diatas memiliki perbedaan pada bentuk aliran fluida udara yang digunakan.

Akan tetapi, jika *air lubricant* (udara pelumas) terikut di dalam aliran fluida air yang menuju propeller, maka dimungkinkan berpengaruh terhadap kinerja propeller. Propeller adalah jenis baling-baling yang memberikan kekuatan dengan

mengubah rotasi gerak ke gaya dorong. Propeler terdiri dari satu atau lebih blade.

Perbedaan tekanan antara depan dan belakang permukaan airfoil berbentuk blade menghasilkan akselerasi air dibelakang blade. *Propeller* pada umumnya diletakkan pada kedudukan serendah mungkin di bagian belakang kapal.

Propeller harus mempunyai diameter sedemikian rupa sehingga bila kapal dalam keadaan bermuatan penuh baling-baling dapat terbenam secara memadai sehingga dapat menghindari terjadinya fenomena terikutnya udara (*airdrawing*) dan pemacuan baling-baling (*racing*) ketika kapal mengalami gerakan angguk.

1.2 Rumusan Masalah

Dari uraian di atas maka permasalahan utama yang akan dibahas adalah sebagai berikut :

1. Bagaimanakah pengaruh peletakan lokasi injeksi *air lubrication* terhadap *thrust propeller*
2. Bagaimana pengaruh variasi tekanan *air lubricant* terhadap *thrust propeller*
3. Menentukan peletakan injeksi udara yang paling efisien
4. Bagaimanakah pengaruh *Air Lubrication System* terhadap lambung berbentuk v

1.3 Pembatasan Masalah

Dari permasalahan yang harus diselesaikan di atas, maka perlu adanya pembatasan masalah serta ruang lingkupnya agar dalam melakukan analisa nantinya tidak melebar dan mempermudah dalam melakukan analisa, batasan tersebut yaitu:

1. Metode *Air Lubrication System* yang digunakan menggunakan *ALDR (Air Layer Drag Reduction)*
2. Kapal yang digunakan hanya sebuah prototype
3. Analisa ditekankan pada *thrust propeller*.
4. Tidak menganalisa interaksi antara hull-propeller

5. Tidak menganalisa pengaruh yang disebabkan fenomena kavitasi yang terjadi.

1.4 Tujuan

Penulisan tugas akhir ini bertujuan untuk :

1. Mengetahui pengaruh peletakan lokasi injeksi *air lubrication* terhadap thrust propeller
2. Mengetahui pengaruh tekanan *air lubricant* terhadap *thrust propeller*
3. Mampu menentukan peletakan injeksi udara paling efisien
4. Mampu mengetahui pengaruh *Air Lubrication System* terhadap lambung berbentuk V

1.5 Manfaat

Manfaat yang dapat diperoleh dari penulisan tugas akhir ini adalah :

1. Mengetahui efek penggunaan *Air Lubrication System* terhadap *performa* propeller
2. Memberikan pertimbangan teknis terkait penggunaan air lubrication system
3. Mampu memberikan rekomendasi penempatan injeksi serta pengoptimalan pressure metode *Air Lubrication system* terhadap *performa propeller*.

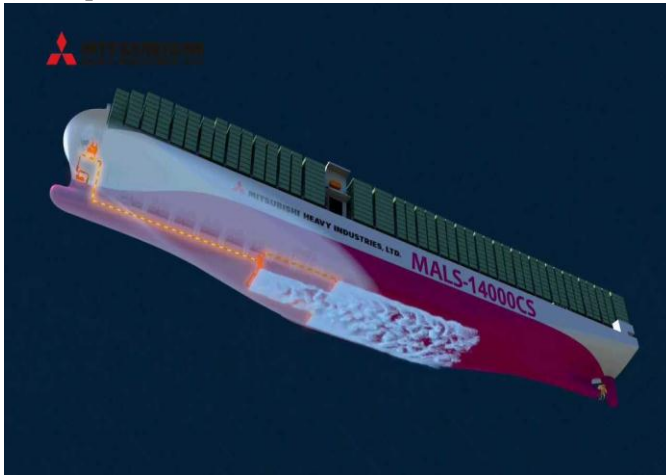
“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Air Lubrication System/Sistem Pelumasan Udara

Metode Air Lubrication/sistem pelumasan udara merupakan salah satu inovasi yang berdampak terhadap penghematan energi serta mereduksi emisi pada kapal dengan cara mengurangi nilai komponen tahanan kapal terbesar yaitu tahanan gesek (*Frictional Resistance*). Hal tersebut dilakukan dengan cara memompa udara di bawah lambung kapal sehingga mengurangi luasan daerah lambung yang mengalami kontak langsung dengan aliran cairan, atau dalam kasus gelembung diskrit dengan modifikasi transportasi momentum dan rata-rata *density* di lapisan batas.



Gambar 2.1 Mitsubishi Air Lubricating System (MALS)
(sumber:Mizokami.2013)

Diperkirakan bahwa pelumasan udara dapat menyebabkan

penghematan bahan bakar bersih antara 5 dan 20%, dengan pengurangan yang sesuai di NO_x, SO_x, partikulat dan emisi CO₂ (Ceccio.2012). Tahanan gesek merupakan komponen tahanan yang paling besar, nilainya mencapai 80% dari total komponen tahanan kapal. Jika lambung kapal mengalami fouling (pengotoran), maka nilai tahanan gesek ini bisa menjadi 2 sampai 3 kali dari nilai sebelumnya. Berdasarkan referensi perhitungan dari ITTC (International Towing Tank Conference) untuk menghitung tahanan gesek dengan formula sebagai berikut:

$$C_F = 0.075 / (\log_{10} RE - 2)^2 \dots\dots\dots(1)$$

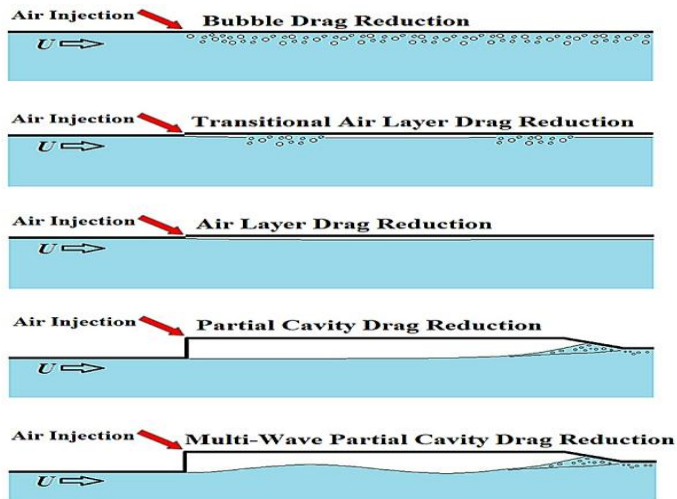
Dari data diatas dapat dilihat bahwa nilai C_F sangat dipengaruhi oleh angka Reynold. Sedangkan nilai C_F merupakan salah satu komponen dari R_F yang dimana R_F adalah nilai dari tahanan gesek. Rumus dari tahanan gesek adalah

$$R_F = C_F \times 0.5 \times \rho \times V^2 \times S \dots\dots\dots(2)$$

Dimana C_F adalah nilai koefisien dari tahanan gesek, V adalah kecepatan serta S adalah luasan permukaan basah. Dari rumusan diatas, terlihat bahwa nilai tahanan gesek adalah berbanding lurus dengan luasan basah. Hal ini mengimplikasikan bahwa jika permukaan lambung dipisahkan dari fluida cair disekitarnya, maka nilai tahanan geseknya akan mengalami penurunan yang drastis (Jagdish.2014)

2.1.1 Cara Sistem Pelumasan Udara

Seperti yang dilaporkan dalam Makiharju dan Ceccio (2012), Gelembung kecil (*microbubbles*) yang disuntikkan ke dalam lapisan batas pada gambar a dikenal sebagai *Microbubbles Drag Reduction* seperti yang dibahas di Jacob et al. (2010). Pada gambar (b) menunjukkan adanya lapisan udara yang terus-menerus antara lambung kapal dan fluida cairan.



Gambar 2.2 Jenis Air Lubricating System
(sumber: Ceccio.2012)

Lapisan udara terbentuk ketika jumlah yang tepat dari udara ditambahkan dalam batas turbulen lapisan bawah plat menurut Sanders(2006), Brian(2007), dan Ceccio(2010).

Seperti yang ditunjukkan pada Gambar (c) (Makiharju & Ceccio 2012), *Partial Cavity Drag Reduction* (PCDR) dicapai dengan mengisi gap dengan udara di antara rongga lambung dan cairan. Untuk mengganti udara yang hilang, udara terus disuntikkan ke rongga di bawah lambung kapal (Gokcay.2004).

Lapisan udara atau rongga parsial akan mengurangi tahanan gesek pada daerah tertutup. Hal ini diasumsikan bahwa kapal form drag tidak mengalami banyak perubahan oleh injector udara, strakes atau pelengkap lainnya yang melekat pada lambung untuk sistem pelumasan udara. Dengan asumsi lebih lanjut bahwa hampir semua dari konsumsi energi kapal digunakan untuk propulsi, persentase kemungkinan penghematan energi bersih

dapat diperkirakan dengan mempertimbangkan rasio penghematan energi bersih terhadap total konsumsi energi.

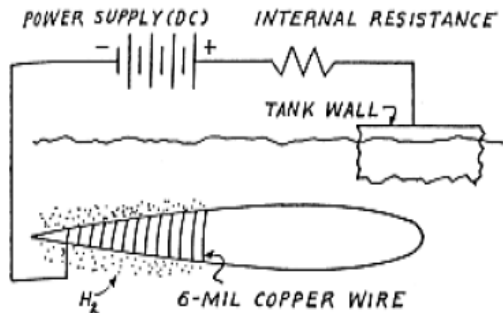
Salah satu yang menjadi pertimbangan penggunaan teknologi Air Lubrication System ini adalah pengaruh terhadap *performa* propeller akibat terikutnya gelembung udara didalam aliran air yang menuju propeller. Akibatnya, nilai thrust dan torsi menurun akibat aliran air lubrication yang menuju propeller (Kawakita, 2013).

2.1.2 Metode Penghasil Air Lubrication

Sementara untuk menghasilkan gelembung udara dapat digunakan beberapa metode berikut meliputi metode :

a)Elektrolisis

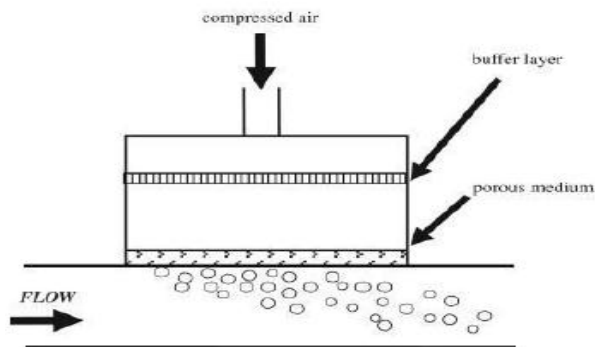
Elektrolisis adalah metode untuk menghasilkan gelembung udara pada permukaan logam wireby sarana arus atau tegangan tinggi melalui itu. Ketika sumber arus listrik terhubung ke dua elektroda terendam air, hidrogen akan diproduksi di katoda dan oksigen akan dihasilkan pada anoda. Digunakan untuk katoda tembaga kawat coil, sementara bertindak



Gambar 2.3 Diagram skematik dari eksperimen microbubbles
(sumber:Hashim.2015)

sebagai anoda adalah lambung kapal.
 b)Metode Pori-pori

Metode Pori-pori adalah metode paling sederhana dan paling populer untuk digunakan dalam penelitian. Dengan metode ini, gelembung udara yang dihasilkan dengan memasukkan udara bertekanan melalui media berpori. Ada beberapa jenis media berpori untuk menghasilkan gelembung udara.

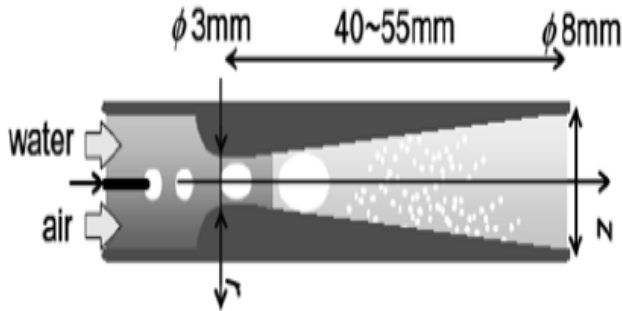


**Gambar 2.4 Gambar skematik pembentukan microbubbles
 (sumber:Hashim.2015)**

c)Tabung Venturi

Tabung venturi adalah tabung dengan konstruksi tertentu yang mengalir cairan bersama pipa dengan diameter bervariasi. Karena perbedaan tekanan di dalam tabung, membentuk gelembung udara. Untuk memproduksinya, udara pertama disuntikkan pada upstreamside dari nozzle. Seiring dengan campuran air dan udara yang melewati campuran melalui nozzle, yang memiliki tekanan minimum, gelembung udara lebih terbentuk. Pemulihan stres

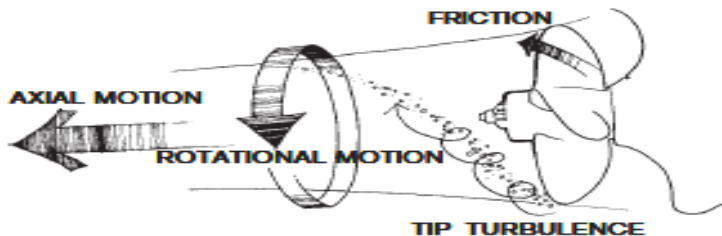
pada bagian lain dari nosel akan menyebabkan gelembung udara kemudian meledak menjadi ukuran yang lebih kecil.



Gambar 2.5 Skematik Tabung venturi
(sumber: Hashim.2015)

2.2 Propeller

Propeller/ baling – baling merupakan alat propulsi kapal yang paling sering digunakan. Propeller menghasilkan daya dorong akibat adanya gaya angkat yang bekerja pada daun propeller pada saat berputar. Propeler adalah jenis baling-baling yang memberikan kekuatan dengan mengubah rotasi gerak ke gaya dorong.

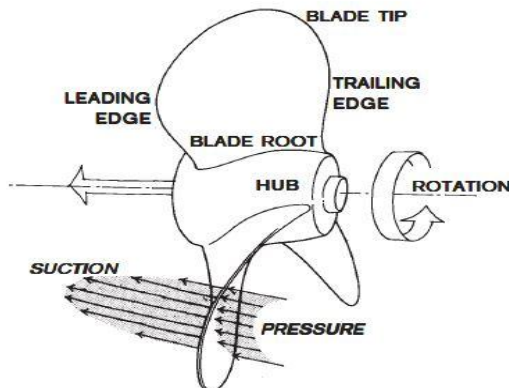


Gambar 2.6 Perubahan gaya rotational menjadi gaya axial
(sumber:A B Volvo Penta)

Propeler terdiri dari satu atau lebih blade dan beroperasi seperti perputaran sekrup. Perbedaan tekanan antara depan dan belakang permukaan airfoil berbentuk blade menghasilkan akselerasi air dibelakang blade. Propeller pada umumnya diletakkan pada kedudukan serendah mungkin di bagian belakang kapal.

Propeler harus mempunyai diameter sedemikian rupa sehingga bila kapal dalam keadaan bermuatan penuh baling-baling dapat terbenam secara memadai sehingga dapat menghindari terjadinya fenomena terikutnya udara (airdrawing) dan pemacuan baling-baling (racing) ketika kapal mengalami gerakan angguk (Abidin.2012). Nilai thrust yang dihasilkan oleh propeller bergantung pada (Principle of Naval Architect, volume II) :

1. Massa jenis fluida, ρ .
2. Ukuran Propeller, diwakili oleh diameter, D .
3. Kecepatan muka, V_a .
4. Percepatan gravitasi, g .
5. Kecepatan rotasi, n .
6. Viskositas air, μ .



Gambar 2.7 Propeller
(sumber: A B Volvo Penta)

2.3 Teori Perancangan Baling-Baling

2.3.1 Teori Sederhana Aksi Baling – baling (Putaran mur pada baut)

Pada permulaan perkembangan teori yang mempelajari bekerjanya baling – baling ulir, baling- baling dijelaskan secara sederhana. Azas mur yang berputar pada suatu baut merupakan azas yang dipergunakan menerangkan hal tersebut. Dalam satu kisaran baling-baling harus bergerak ke depan sejauh jarak yang sama dengan langkah ulirnya P (pitch).

Jadi, kalau baling-baling berputar n kali putaran permenit (rpm), maka dalam satu menit roda baling – baling akan bergerak sejauh n kali P . Propeller tersebut dalam satu kisaran sebenarnya hanya bergerak maju sejauh jarak kurang dari n kali P . Hal ini air disebabkan karena air dipercepat kebelakang.

Perbedaan jarak tersebut disebut Slip. Slip diperhitungkan dalam hal propeller mediumnya adalah air bukannya benda padat seperti keadaan mur dan baut.

Harga slip ratio yang nyata

Harga slip ratio nyata S_r menggambarkan usaha untuk mengerakan air agar air bergerak kebelakang. Harganya selalu positif agar kapal bergerak maju (ada usaha agar air bergerak kebelakang). Harga slip ratio khayal / semu S_a dipakai untuk mengetahui bekerjanya propeller apakah normal atau tidak. Bila tidak ada slip ($S_r = 0$) nilai efisiensi η menjadi 1 atau 100 % .

Hal ini tidak mungkin sebab bila tidak ada slip berarti tidak ada percepatan air ditimbulkan oleh baling-baling untuk menghasilkan dorongan. Disebabkan karena adanya kemungkinan nilai S_r dapat menjadi nol, maka teori ini tidak cocok dipergunakan untuk menerangkan fenomena baling-baling kapal. Oleh karena itu dikembangkan teori lain.

2.3.2 Teori Momentum

Teori ini menganggap bahwa propeller sebagai alat untuk mempercepat pindahnya air sampai ketempatnya didepan

daun baling-baling (dibelakang kapal). Air akan mengalami percepatan aksial (a) dan menimbulkan slip dengan kecepatan kearah belakang kapal akibat gerak berputarnya daun baling-baling dengan letaknya yang condong terhadap sumbu baling-baling.

Reaksi yang timbul akibat percepatan air kebelakang menimbulkan gaya dorong . Air akan mengalami perlambatan yang teratur akibat gaya-gaya dari viskositas air setelah melalui propeller. Hal ini menyebabkan energi propeller terbuang sehingga ada kehilangan energi. Sumber lain yang menyebabkan kehilangan energi :

- 1). Tahanan akibat gesekan daun baling-baling , dan
- 2). Baling-baling memberi putaran pada arus slip untuk mempercepat air.

Efisiensi propeller dinyatakan dengan sebagai perbandingan kerja yang berguna untuk menggerakkan kapal dengan kerja yang diberikan propeller. Dengan adanya percepatan air a yang terdorong kebelakang kapal menyebabkan efisiensi $\eta = 100 \%$ maka $a = 0$. Berarti air tidak dipercepat yang menyebabkan tidak ada gaya dorong yang diberikan oleh propeller kepada kapal.

Kemungkinan untuk memperbesar efisiensi adalah dengan memperkecil percepatan arus slip. Hal ini dilakukan dengan memakai propeller dengan diameter besar dan diputar selambat mungkin. Dari segi teori momentum, baling-baling disamakan dengan jenis propulsi jet karena arus slip yang dipercepat kebelakang merupakan arus jet.

2.3.3 Teori Elemen Daun

Teori elemen daun memakai cara penjumlahan gaya-gaya dan momen-momen yang timbul pada setiap potongan melintang daun (aerofil) sepanjang radius baling-baling sebuah daun propeller yang dipotong membentuk aerofil ini bergerak di air dengan kecepatan V dengan suatu sudut pengaruh terhadap arah geraknya. Dalam membuat bentuk dasar propeller dibutuhkan

bentuk yang hidrodinamis yaitu yang dinamakan Hidrofoil dimana menghasilkan suatu lift yang lebih besar dibandingkan dengan dragnya. Pergerakan dari hidrofoil ini terjadi pada suatu media fluida dengan kecepatan yang memungkinkan terjadinya hidrodinamika.

Hidrodynamika adalah peristiwa di mana kecepatan antara bagian atas dan bawah hidrofoil terjadi perbedaan. Fluida yang melalui bagian atas airfoil melaju lebih cepat daripada fluida yang melewati bagian bawah. Hal ini disebabkan adanya perbedaan tekanan antara aliran fluida bagian atas dan aliran fluida bagian bawah. Seperti yang kita ketahui bahwa besarnya tekanan berbanding terbalik terhadap besarnya kecepatan. Sehingga yang terjadi adalah aliran fluida yang melalui bagian bawah hidrofoil lebih pelan bila dibandingkan bagian atas hidrofoil. Perbedaan tekanan yang terjadi inilah yang kemudian akhirnya menimbulkan fenomena lift atau gaya angkat itu.

Pada permukaan punggung aerofil tekanannya rendah , sedang pada bagian bawah aerofil tekanannya tinggi . Akibatnya timbul efek isapan kearah punggung aerofil. Resultan dari gaya-gaya tekanan ini adalah F_n . Akibat gesekan, muncul pula gaya F_t . Resultan dari gaya F_t dan F_n adalah F .

Arah F_t tegak lurus terhadap permukaan kerja aerofil sedang arah F_n tegak lurus arah F_n . Gaya F diurai menjadi lift tegak lurus (gaya angkat) dan drag (gaya penahan). Arah lift tegak lurus dengan arah gerak aerofil sedang sedang arah drag tegak lurus terhadap arah lift.

Besarnya lift dan drag dinyatakan sebagai berikut ;

$$\text{Lift : } dL = C_L \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot V^2 \cdot dA \dots \dots \dots (3)$$

$$\text{Drag : } dD = C_D \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot V^2 \dots \dots \dots (4)$$

C_L = Koefisien lift ; C_D = Koefisien Drag;

ρ = densitas fluida ; V = Kecepatan aliran fluida ;

A = Luas daerah permukaan aerofil

Kemudian lift dan drag diuraikan kearah tranlasi (ke arah maju kapal dan kearah tegak lurus terhadap arah maju kapal)

menimbulkan gaya dorong / thrust (sesuai arah maju kapal) dan gaya torsi / torque (arahnya tegak lurus arah gerak maju kapal).

Besarnya thrust dan torque dinyatakan sebagai berikut.

$$DT = dL \cdot \cos B - dD \cdot \sin B \dots\dots\dots(5)$$

$$DQ = (dL \cdot \sin B + dD \cdot \cos B) r \dots\dots\dots(6)$$

$$\text{Thrust : } T = Z S^R_{rH} dT \cdot dR \dots\dots\dots(7)$$

$$\text{Torque : } Q = Z S^R_{rH} dQ \cdot dR \dots\dots\dots(8)$$

T = thrust / gaya dorong ; Q = Torsi / Torque

Z = Jumlah daun baling-baling ; R = jari-jari propeller

r = jari-jari propeller sampai pada penampang yang ditinjau

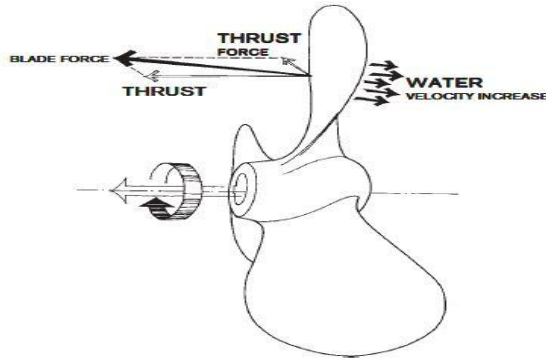
rH = jari-jari hub

Hal-hal yang harus dipelajari dan diperkirakan dengan sebaik-baiknya untuk memperhitungkan besar thrust dan torque dengan sempurna adalah sbb ;

1. Air yang melalui aerofil (sebagai bagian dari baling – baling) telah mendapatkan percepatan seperti telah diterangkan pada teori momentum.
2. Gaya-gaya yang bekerja pada daun berubah karena letak karena letak daun berikutnya saling berdekatan.

2.3.4 Teori Sirkulasi

Teori sirkulasi didasarkan pada konsep bahwa gaya angkat yang ditimbulkan propeller disebabkan oleh adanya aliran sirkulasi yang terjadi disekeliling daun. Aliran sirkulasi menyebabkan penurunan tekanan pada punggung daun serta kenaikan kecepatan setempat dan kenaikan tekanan pada sisi muka daun dan penurunan kecepatan setempat. Kecepatan fluida terhadap elemen daun merupakan penjumlahan dari kecepatan translasi dan kecepatan sirkulasi.



Gambar 2.8 Thrust propeller
(sumber: A B Volvo Penta)

Besarnya gaya angkat dari gaya tahan dinyatakan sebagai berikut

$$dL = \rho \cdot V_G \cdot \Upsilon \cdot dr \dots \dots \dots (9)$$

$$DD = CD \left(\frac{1}{2} \cdot \rho \cdot V_G^2 \right) c \cdot dr \dots \dots \dots (10)$$

V_G = Kecepatan fluida ; Υ = sirkulasi ; c = filamen pusan;

Dr = lebar penampang daun ; CD = Koefisien drag;

P = densitas fluida

Menurut teori ini diperhitungkan untuk merencanakan propeller dapat dilakukan dengan dua cara :

1. Perhitungan untuk mencari geometri propeller terbaik
2. Perhitungan untuk mengetahui karakter propeller yang sudah diketahui geometrinya.

2.4 Hukum Perbandingan/Similarity Law

1. Kesamaan Geometris

Kondisi geometris dapat dipenuhi dalam model eksperimental tetapi hanya model dimensi linear, dalam hal ini jika model baling-baling mempunyai bentuk yang sama seperti bentuk baling-baling yang sebenarnya.

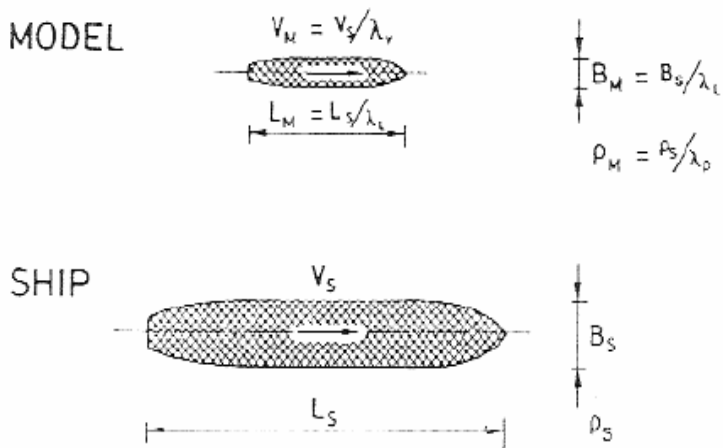
Hubungan antara model dan kapal dinyatakan oleh λ , dimana;

$$\lambda = \frac{L_s}{L_m} \dots \dots \dots (11)$$

λ = skala rasio

L_s = Panjang kapal (m)

L_m = Panjang model (m)



Gambar 2.9 rasio skala
(sumber:Harvald.1983)

Pada kapal yang berlayar di permukaan laut dianggap luas dan dalam tak hingga. Sedangkan kondisi pada kolam model yang terbatas , serta ukuran model harus kecil sebanding dengan ukuran kolam.yang berarti bahwa tidak ada kesamaan geometris dan dalam proses mentransferkan hasil yang didapatkan dari pengujian model sulit dilakukan.

2. Kesamaan Kinematis

Kesamaan kinematik antara model dan kapal yang sesuai dengan kecepatan model untuk kecepatan kapal, jika arah kecepatan di setiap titik pada model sama dengan arah kecepatan di titik yang sesuai pada obyek yang sebenarnya.(Harvald.1983)

$$Fr = \frac{V}{\sqrt{g L}} \dots\dots\dots(12)$$

$$\frac{V_s}{\sqrt{g L_s}} = \frac{V_m}{\sqrt{g L_m}} \dots\dots\dots(13)$$

Fr = Froude Number

L_s = Panjang kapal (m)

L_m = Panjang model (m)

V_s = Kecepatan kapal (m/s)

V_m = Kecepatan model (m/s)

g = Gravitation (9.81 m/s^2)

Harus adanya rasio antara kecepatan air yang mengalir ke baling-baling, atau kecepatan V_A , dengan kecepatan keliling yang sama:

$$\frac{V_A}{\pi n D} = \text{tetap}$$

3. Kesamaan Dinamis

Kesamaan dinamis berhubungan dengan kekuatan yang terjadi oleh gerakan cairan di sekitar model, maka hukum Froude dan hukum Reynolds harus dipenuhi.

$$Rn = \frac{V L}{\nu} \dots\dots\dots(14)$$

atau

$$\frac{V_s L_s}{\nu} = \frac{V_m L_m}{\nu} \dots\dots\dots(15)$$

Dimana:

R_n = Reynold Number

L_s = Panjang kapal (m)

L_m = Panjang model (m)

V_s = kecepatan kapal (m/s)

V_m = kecepatan model(m/s)

ν = Viskositas kinematis (m^2/s)

ν = 1.1883×10^{-6} (m^2/s)

Antara model dan pola dianggap terdapat kesamaan geometris dan kinematis. Selain itu, dianggap bahwa:

$$\lambda_L = \frac{L_s}{L_M} = \text{skala panjang}$$

$$\lambda_p = \frac{\rho_s}{\rho_M} = \text{skala massa jenis spesifik}$$

$$\lambda_V = \frac{V_s}{V_M} = \text{skala kecepatan maju}$$

Pengujian model adalah sangat penting bagi seorang perancang kapal terutama jika hasil-hasilnya dapat digunakan untuk menghitung hambatan dan besarnya tenaga penggerak kapal pada skala penuh atau pada ukuran kapal sebenarnya. Apalagi jika hasil-hasil tersebut dapat memberikan informasi berharga dalam rangka menghasilkan desain baru atau alternatif. Persoalan ini, yaitu transformasi hasil pengukuran skala model ke dalam ukuran

kapal sebenarnya adalah sangat sulit dan dapat dikatakan tidak terjawabkan secara sempurna sampai hari ini (Rawson.1993).

2.5 Bollard Pull

Bollard pull merupakan uji kemampuan daya tarik statis pada kapal tunda. Daya dorong pada tenaga maksimum dengan kapal yang terikat pada dok disebut *static thrust* atau *bollard pull*. Ada beberapa faktor yang sebenarnya turut mempengaruhi besar bollard pull, antara lain yaitu :

- Jenis propeller
- *Kort nozzle*
- Bentuk lambung kapal dibawah permukaan air
- Sarat kapal
- Trim



Gambar 2.10 Bollard pull test

(sumber: <http://marinesurveypractice.blogspot.co.id/2013/01/bollard-pull-tests.html>)

erhitungan *bollard pull* sebenarnya tidak dapat dilakukan secara akurat dengan menggunakan rumus pendekatan. Karena untuk mendapatkan nilai *bollard pull* yang akurat setiap kapal tugboat harus dilakukan dengan uji bollard pull (Zahalka.2015)

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Metodologi Penulisan

3.1.1. Perumusan Masalah

Dalam perumusan masalah, haruslah menimbang dan memperkirakan masalah apa yang akan diangkat untuk dianalisa, dan bisa diselesaikan. Sehingga dalam berjalannya proses bimbingan tugas akhir ini maka ada dua permasalahan yang akan diselesaikan dalam tugas akhir ini, yaitu tentang analisa dampak *air lubricant* terhadap performa propeller serta peletakan pengeluaran *air lubricant*.

3.1.2. Pembuatan model prototype kapal

Pemodelan yang dilakukan adalah dengan membuat model prototype kapal dan diuji cobakan pada flow channel di Laboratorium Marine Machinery and System Jurusan Teknik Sistem Perkapalan.

3.1.3. Eksperimen

Tahapan ini akan menampilkan proses pengujian serta variasi yang dilakukan, dan pengujian di flow channel.



Dimensi:




L: 6.4 m




B: 1.2 m




H: 1 m

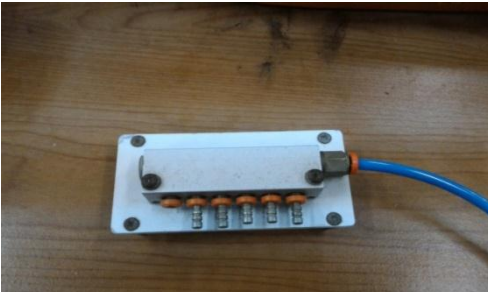


Gambar3.1 Flow channel
(sumber:dokumentasi pribadi)

Tabel 3.1. Alat dan Bahan Eksperimen

No	Nama Alat	Gambar Alat
1	Prototype Kapal LOA = 60 cm B = 19 cm T = 5 cm H = 10 cm WSA= 897cm ²	 <p>Gambar3.1 Prototype kapal (sumber:dokumentasi pribadi)</p>
2	Motor DC Fungsi: sebagai penggerak shaft/motor penggerak	 <p>Gambar 3.2 Motor DC (sumber:dokumentasi pribadi)</p>
3	ESC (Electric Speed Control) Fungsi: Mengatur kecepatan motor	 <p>Gambar 3.3 ESC (sumber:dokumentasi pribadi)</p>

4	Baterai Fungsi: Sumber daya/tenaga untuk motor	 <p>Gambar 3.4 Baterai (sumber:dokumentasi pribadi)</p>
5	Remote Control Fungsi: Mengatur kecepatan	 <p>Gambar 3.5 Remote control (sumber:dokumentasi pribadi)</p>
6	Pressure Gauge Fungsi: Mengukur tekanan udara	 <p>Gambar 3.6 Pressure gauge (sumber:dokumentasi pribadi)</p>

7	<p>Portable electronic scale</p> <p>Fungsi: pengukur nilai</p>	 <p>Gambar 3.7 Portable electronci scale (sumber:dokumentasi pribadi)</p>
8	<p>Receiver</p> <p>Fungsi: Menerima sinyal dari remote control</p>	 <p>Gambar 3.8 Receiver (sumber:dokumentasi pribadi)</p>
9	<p>Kompresor</p> <p>Fungsi: Suplai udara</p>	 <p>Gambar 3.9 Kompresor (sumber:dokumentasi pribadi)</p>

10	Manifold	 <p>Gambar 3.10 manifold (sumber:dokumentasi pribadi)</p>
11	Selang	 <p>Gambar 3.11 Selang/ (sumber:dokumentasi pribadi)</p>
12	<p>Currentmeter</p> <p>Fungsi: Mengukur nilai arus pada flum tank</p>	 <p>Gambar3.12 Currentmeter (sumber:dokumentasi pribadi)</p>

3.1.4 Percobaan

Langkah Percobaan I

1. Menyiapkan peralatan yang akan digunakan dalam eksperimen, rangkai motor pada prototype. Pada percobaan I, propeller digerakkan oleh motor dan tidak adanya udara yang di injeksikan.



Gambar 3.13 Persiapan prototype

2. Sambungkan ESC yang telah terpasang pada prototype dengan baterai



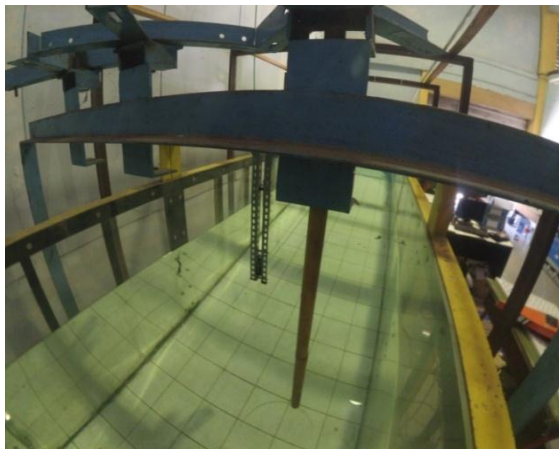
Gambar3.14 Pemasangan baterai

3. Sambungkan ESC dengan receiver



Gambar 3.15 Pemasangan receiver

4. Persiapan flow tunnel. Pemasangan tongkat sebagai bollard.



Gambar 3.16 Bollard buatan

5. Menghidupkan pompa sebagai pembuat arus
6. Menghitung nilai arus pada flow tunnel dengan menggunakan currentmeter



Gambar 3.17 currentmeter

7. Prototype dikaitkan dengan portable electronic scale

Langkah Percobaan II

1. Menyiapkan peralatan yang akan digunakan dalam eksperimen, Pada percobaan II, propeller diam dan adanya injeksi udara yang dilakukan.



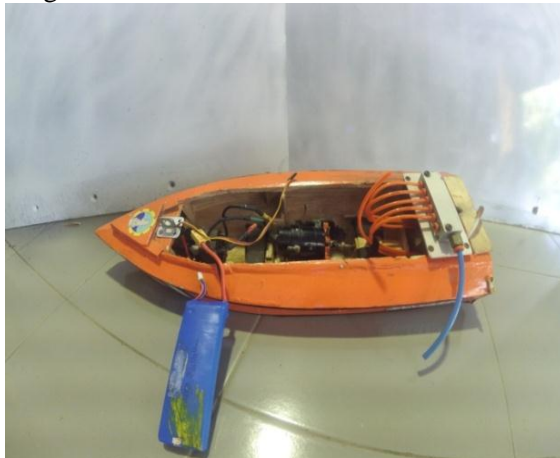
Gambar3.18 Prototype

2. Sambungkan selang 4 mm dengan manifold yang diletakkan pada prototype



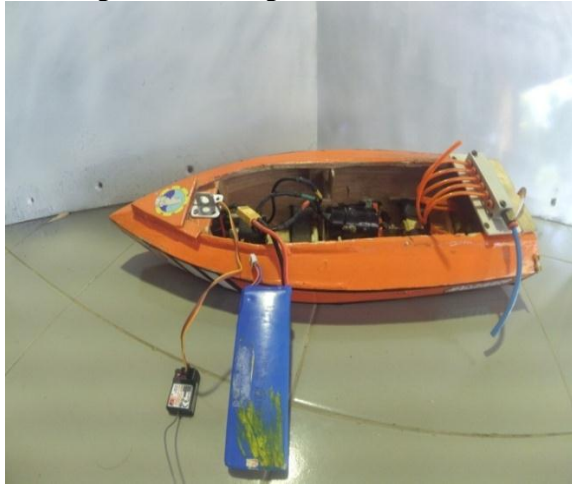
Gambar 3.19 Pemasangan manifold

3. Sambungkan ESC yang telah terpasang pada prototype dengan baterai



Gambar 3.20 Pemasangan baterai

4. Sambungkan ESC dengan receiver



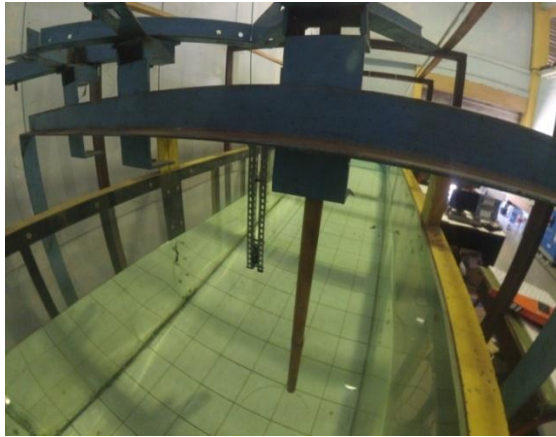
Gambar 3.21 Pemasangan ESC

5. Sambungkan antara manifold dengan compressor



Gambar 3.22 Menghubungkan dengan kompresor

6. Persiapan flow tunnel. Pemasangan tongkat sebagai bollard.



Gambar 3.23 Bollard buatan (praktikum 2)

7. Menghidupkan pompa sebagai pembuat arus
8. Menghitung nilai arus pada flow tunnel dengan menggunakan currentmeter



Gambar 3.24 currentmeter (praktikum 2)

9. Prototype tersebut diletakkan di flow tunnel dan dikaitkan dengan portable electronic scale



Gambar 3.25 Dikaitkan dengan digital scale

10. Pengaturan tekanan air lubrication

Langkah Percobaan III

1. Menyiapkan peralatan yang akan digunakan dalam eksperimen, Pada percobaan II, propeller digerakkan oleh motor dan adanya injeksi udara yang dilakukan.



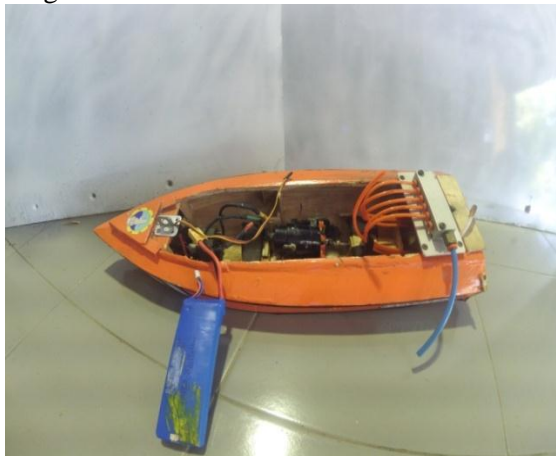
Gambar 3.26 Persiapan prototype (praktikum 3)

2. Sambungkan selang 4 mm dengan manifold yang diletakkan pada prototype



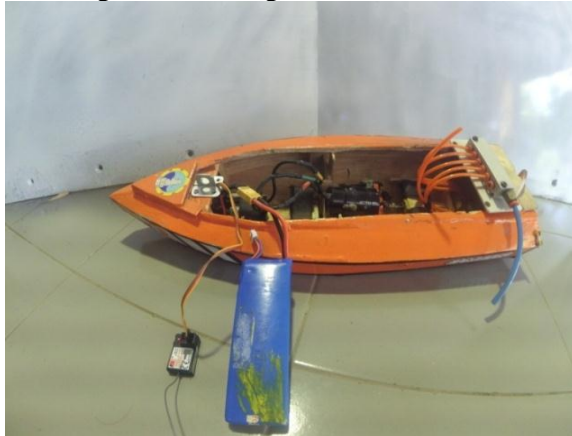
Gambar 3.27 Pemasangan manifold (Praktikum 3)

3. Sambungkan ESC yang telah terpasang pada prototype dengan baterai



Gambar 3.28 Pemasangan baterai (praktikum 3)

4. Sambungkan ESC dengan receiver



Gambar 3.29 Pemasangan ESC (praktikum 3)

5. Sambungkan antara manifold dengan kompresor



Gambar 3.30 menghuungkan dengan kompresor(praktikum 3)

6. Persiapan flow tunnel. Pemasangan tongkat sebagai bollard.
7. Menghidupkan pompa sebagai pembuat arus



Gambar 3.31 Pompa pembuat arus

8. Menghitung nilai arus pada flow tunnel dengan menggunakan currentmeter



Gambar 3.32 Currentmeter (praktikum 3)

9. Prototype tersebut diletakkan di flow tunnel dan dikaitkan dengan portable electronic scale



Gambar 3.33 Pengujian metode bollard pull test

10. Pengaturan tekanan air lubrication

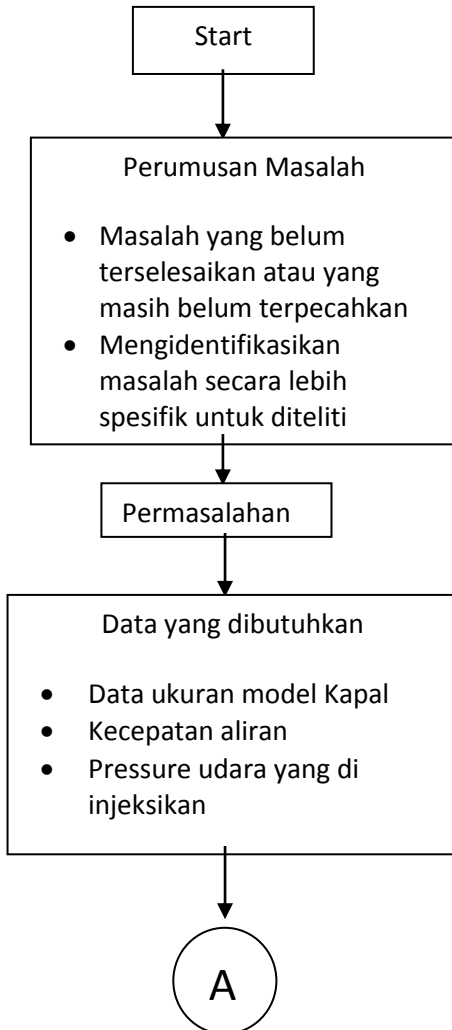
3.1.5. Analisa Data dan Pembahasan

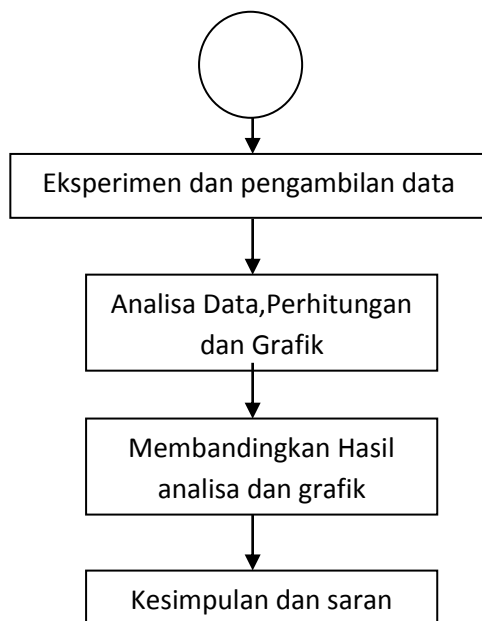
Setelah tahapan eksperimen yang telah dilakukan maka selanjutnya adalah melakukan analisa data eksperimen pengujian yang telah dilakukan. Setelah proses analisa telah dilakukan, maka data pengujian diolah dan dilakukan proses pembuatan grafik perbandingan pada tiap variasi, baik variasi pressure maupun peletakan.

3.1.6. Saran dan Kesimpulan

Setelah semua tahapan yang dilakukan adalah menarik kesimpulan analisa data eksperimen yang telah dilakuka. Dan diharapkan nantinya hasil kesimpulan dapat menjawab permasalahan yang menjadi tujuan akhir ini.

3.2 Sistematika





BAB IV ANALISA DATA

4.1 Pengujian Arus pada Flow Channel

Pengujian dimulai dengan pengujian nilai arus pada flum tank. Nilai arus didapatkan dengan menggunakan alat currentmeter. Hasil pengujiannya adalah 0.5 m/s.



Gambar 4.1 Pengujian arus menggunakan currentmeter (1)



Gambar 4.2 Pengujian arus menggunakan curentmeter (2)

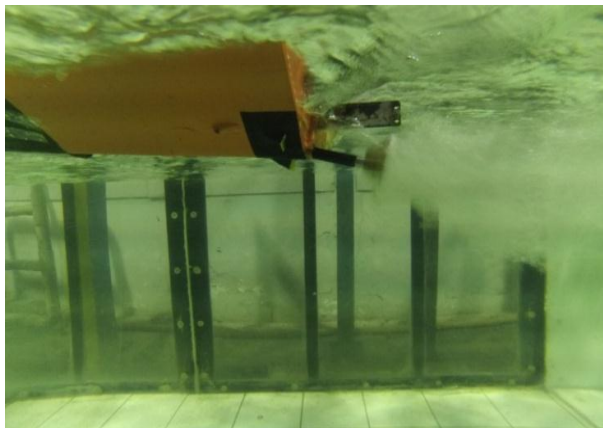
4.2 Analisa Pengaruh Pressure terhadap Thrust

Dari hasil percobaan dengan injeksi udara di midship, afterpeak dan forepeak, maka didapatkan tabel nilai sebagai berikut:

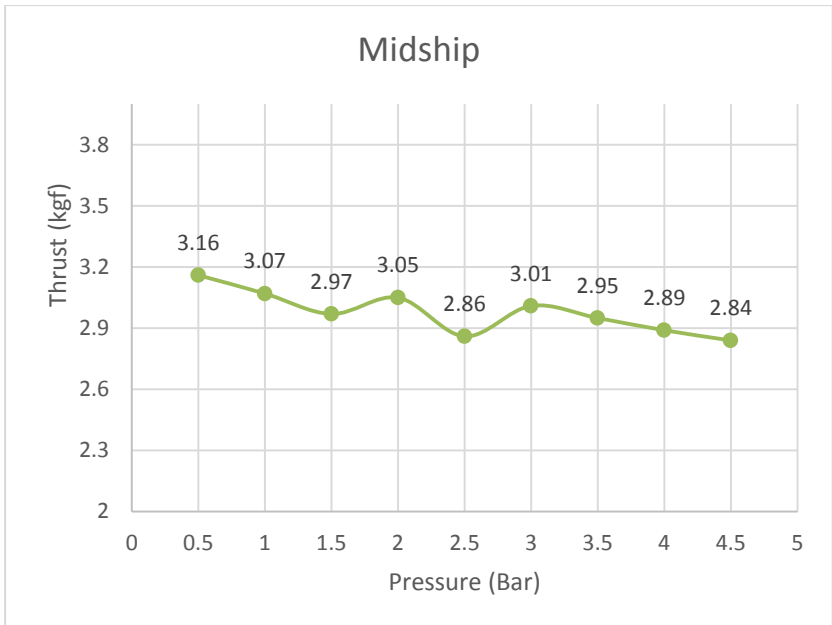
Tabel 4.1. Tabel Hasil

No	Tekanan injeksi udara (Bar)	Thrust (kgf)		
		Midship	Afterpeak	Forepeak
1	0.5	3.16	3.07	3.03
2	1	3.07	2.98	2.92
3	1.5	2.97	2.87	2.85
4	2	3.05	2.73	2.89
5	2.5	2.86	2.53	2.87
6	3	3.01	2.54	2.8
7	3.5	2.95	2.57	2.78
8	4	2.89	2.32	2.7
9	4.5	2.84	2.07	2.79

Tabel nilai diatas ditampilkan didalam grafik pada masing-masing variabel pressure udara yang diinjeksikan. Pada gambar 4.3 pada percobaan I, menunjukkan nilai thrust sebesar 3.12 kgf (31.2 N). Nilai inilah yang dijadikan sebagai nilai standard thrust kapal pada kondisi kapal tanpa injeksi udara.



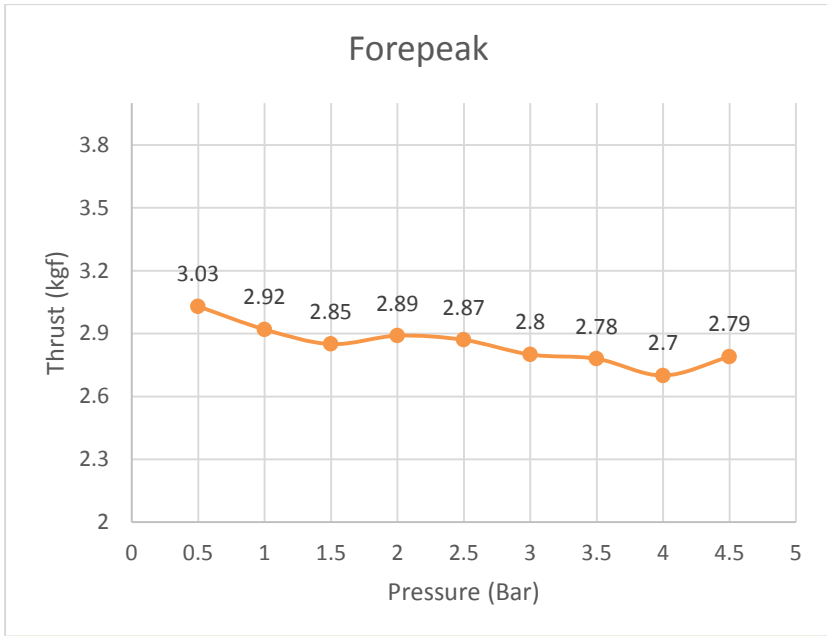
Gambar 4.3 Hasil pengujian praktikum 1



Gambar 4.4 Grafik tekanan injeksi terhadap nilai thrust (Midship)

Pada grafik 4.4, menunjukkan nilai thrust terhadap masing-masing tekanan injeksi udara yang diberikan. Pada kondisi 0.5 bar, nilai thrust yang diberikan sebesar 3.16 kgf (31,6 N). Sedangkan pada tekanan penginjeksian 1 bar dan 1.5 bar terjadi penurunan nilai thrust. Percobaan dilakukan dengan variasi peningkatan 0.5 bar hingga 4.5 bar pada kompresor. Dari grafik diatas menunjukkan nilai dari thrust prototype fluktuatif dan cenderung konstan dari nilai thrust standarnya.

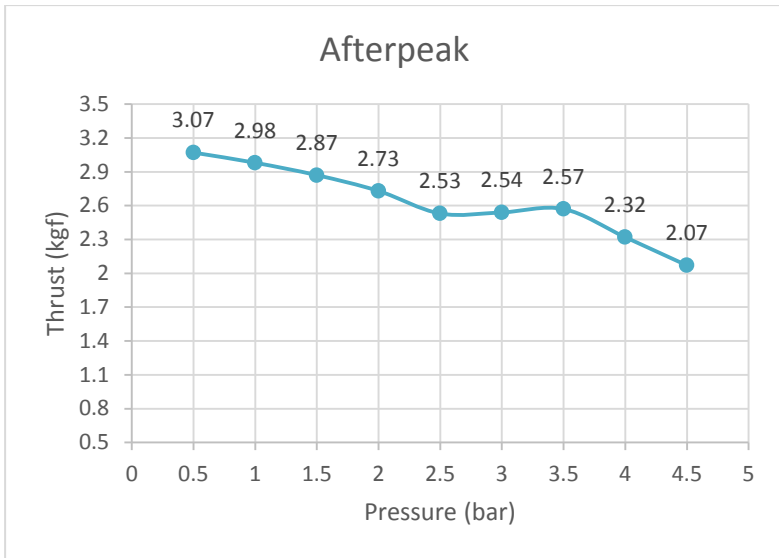
Hal serupa ditunjukkan oleh gambar 4.5 yang menunjukkan nilai thrust terhadap injeksi udara pada forepeak. Pada tekanan penginjeksian 0.5 bar, nilai thrust yang dihasilkan 3.03 kgf (30.3 N). Sedangkan pada tekanan 1 bar, adanya penurunan nilai thrust hingga 2.92 kgf. Pada variable berikutnya, menunjukkan nilai thrust cenderung konstan pada nilai thrust 2.8 kgf.



Gambar 4.5 Grafik tekanan injeksi terhadap nilai thrust (FP)

Hal yang berbeda ditunjukkan oleh gambar 4.6 yang menunjukkan adanya penurunan thrust yang dihasilkan pada tiap variable tekanan. Pada tekanan penginjeksian 4.5 bar, nilai thrust yang dihasilkan sebesar 2.07 kgf. Sedangkan pada tekanan 3 dan 3.5 bar, adanya penurunan thrust sebesar 0.03 kgf. Penurunan yang terjadi pada afterpeak dimungkinkan oleh beberapa faktor meliputi:

- Densitas/masa jenis fluida
- Jenis aliran
- Void fraction



Gambar 4.6 Grafik Tekanan injeksi terhadap nilai thrust (AP)

Dari gambar 4.6 menunjukkan bahwa semakin besar tekanan udara yang di injeksikan, maka nilai thrust yang dihasilkan akan semakin kecil. Sebagai contoh pada kondisi tekanan penginjeksian 0.5 Bar pada afterpeak, maka nilai thrust nya turun yang semula bernilai 3.12 kgf (31.2 N) menjadi 3,07 kgf (3,07 N) dan menjadi 2,07 kgf (20,7 N) pada tekanan 4.5 Bar. Hal tersebut hampir mewakili seluruh hasil dari percobaan diatas yang dimana tiap kenaikan tekanan pressure, maka nilai thrustnya menurun. Faktor-faktor penyebabnya dijabarkan sebagai berikut:

1. Efek densitas/masa jenis fluida

Efek densitas ,yang dimana densitas udara 1/1000 dari densitas air (ρ udara = $1,2 \text{ kg/m}^3$, ρ air = 1000 kg/m^3). Jika hal diatas diterapkan pada rumus lift yang berpengaruh terhadap besarnya nilai thrust yang dihasilkan, maka akan didapatkan sebagai berikut:

Besarnya lift dinyatakan didalam persamaan 3. Lift diuraikan kearah translasi (ke arah maju kapal dan kearah tegak lurus terhadap arah maju kapal) menimbulkan gaya dorong / thrust (sesuai arah maju kapal) dan gaya torsi / torque (arahnya tegak lurus arah gerak maju kapal). Dari uraian diatas, menunjukkan bahwa thrust dipengaruhi oleh densitas fluidanya serta akar kuadrat kecepatan aliran fluida. Nilai lift yang didapatkan akan berpengaruh terhadap nilai pada persamaan 5 dan 7.

Besarnya perbedaan antara densitas air dan densitas udara membuat thrust yang dihasilkan menjadi turun. Adanya Δ densitas (Densitas air + densitas udara) aliran yang mengalir menuju propeller sehingga menurunkan nilai thrust yang dihasilkan.

2. Void Fraction

Void fraction adalah rasio perbandingan volume udara dengan campuran fluida (udara dan air). Dirumuskan sebagai berikut:

$$\alpha_1 = \frac{Qa \times K}{Vm \times Am} \times 100 \text{ (\%)}$$

Qa = laju aliran udara (m^3/det)

K = Laju aliran ALS menuju propeller

Vm = kecepatan aliran (m/s)

Am = Luasan propeller disc (m^2)

Hal diatas sesuai dengan pernyataan bahwa ketika nilai void fraction meningkat, maka nilai thrust nya menurun. (Kawakita.2013).

3. Jenis Aliran (Turbulen/laminar)

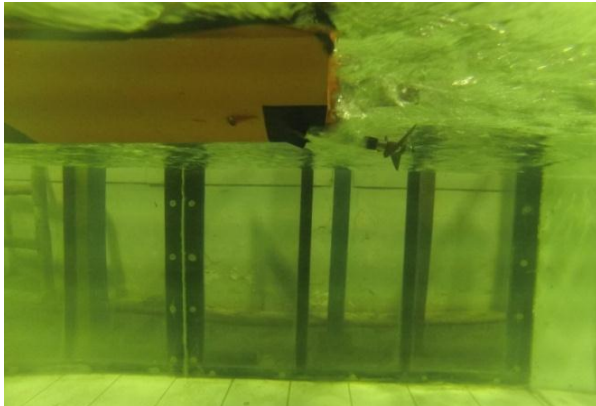
Dalam aliran turbulen, partikel-partikel fluida bergerak dalam lintasan yang sangat tidak teratur, dengan mengakibatkan pertukaran momentum dari satu bagian fluida ke bagian lainnya. Turbulensi menimbulkan tegangan geser

yang lebih besar di seluruh fluida dan mengakibatkan banyak ketakmampubalikan (ireversibilitas) atau kerugian. Kerugian tersebut tersebut sebanding dengan kecepatan dipangkatkan 1,7 sampai dengan 2.

Berbeda dengan aliran laminar yang dimana partikel-partikel fluida bergerak sepanjang lintasan-lintasan yang halus serta lancar dalam lamina-lamina, atau lapisan-lapisan, dengan satu lapisan meluncur secara mulus pada lapisan yang bersebelahan. (Streeter.2011)

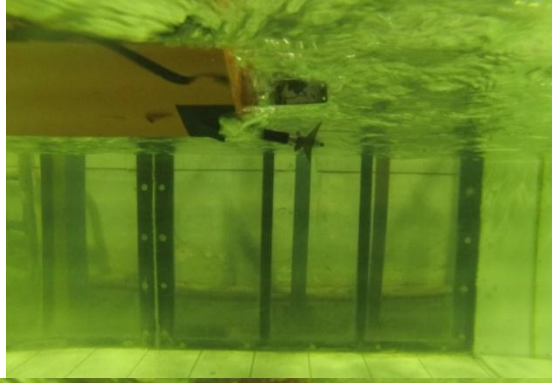
4.3 Analisa Pengaruh Peletakan Injeksi Udara

Pada hasil percobaan terlihat bahwa adanya sejumlah udara yang masuk aliran air yang menuju propeller, sehingga nilai thrust yang dihasilkan berbanding terbalik dengan tekanan udara yang diinjeksikan. Hal tersebut terlihat pada percobaan pada peletakan penginjeksian di afterpeak.

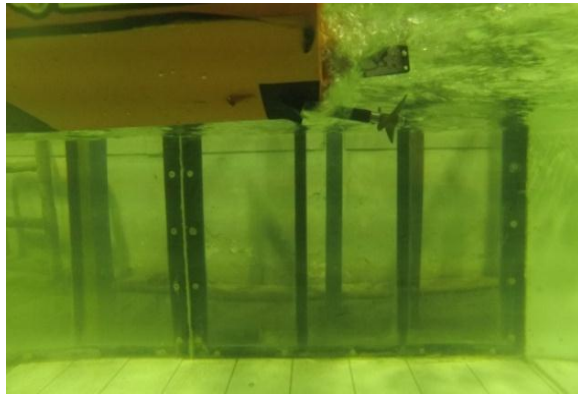


Gambar 4.7 Aliran udara menuju propeller

Sedangkan pada peletakan yang sama dengan pressure berbeda, terlihat bahwa aliran udara yang diinjeksikan tidak terlihat terikut didalam aliran air yang menuju daun propeller. Gambarnya sebagai berikut:



Gambar 4.8 Aliran udara tidak terikut menuju propeller (1)

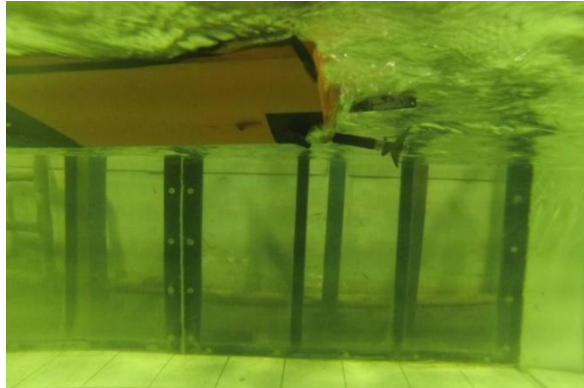


Gambar 4.9 Aliran udara tidak terikut menuju propeller (2)

Tanpa adanya aliran udara yang terikut ke dalam aliran menuju daun propeller, nilai dari thrust nya tetap turun. Hal ini dimungkinkan oleh faktor V_a didalam persamaan 3.

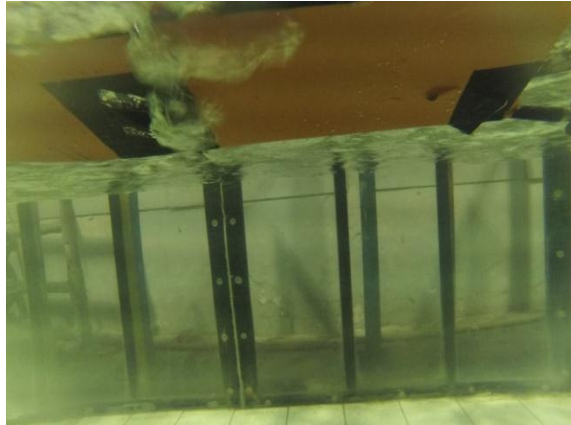
Jika V_a , atau dalam hal ini merupakan simbol dari kecepatan aliran fluida yang menuju propeller, akibat udara yang diinjeksikan, kecepatan aliran air yang menuju propeller terganggu dan menurun, sehingga sesuai dengan rumus diatas.

Terlihat pada lampiran 1 hingga lampiran 9 bahwa karakteristik udara yang injeksikan cenderung berbentuk lapisan udara dan cenderung langsung naik menuju permukaan seperti gambar 4.10

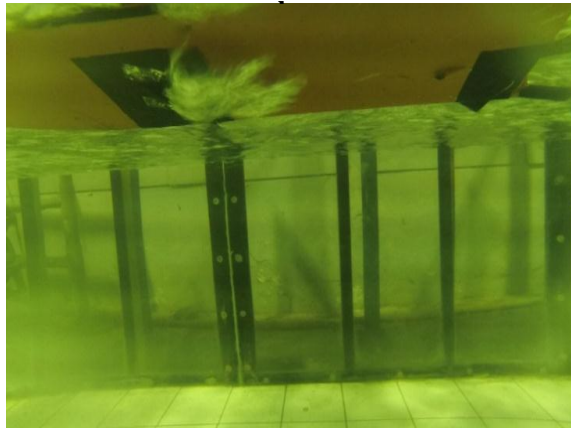


Gambar 4.10 Karakteristik berupa lapisan udara

Sedangkan pada percobaan 4.11 peletakkan penginjeksian udara pada midship dan forepeak, pada kondisi tekanan penginjeksian yang sama (0.5 hingga 4.5 bar), aliran udara yang diinjeksikan lebih bersifat menyebar dan tidak mengikuti aliran pada lambung prototype, sehingga tidak adanya lapisan udara yang melapisi badan kapal dan tidak sampai pada daun propeller. Karakteristik udara yang diinjeksikan berbentuk gelembung udara dengan diameter yang besar.

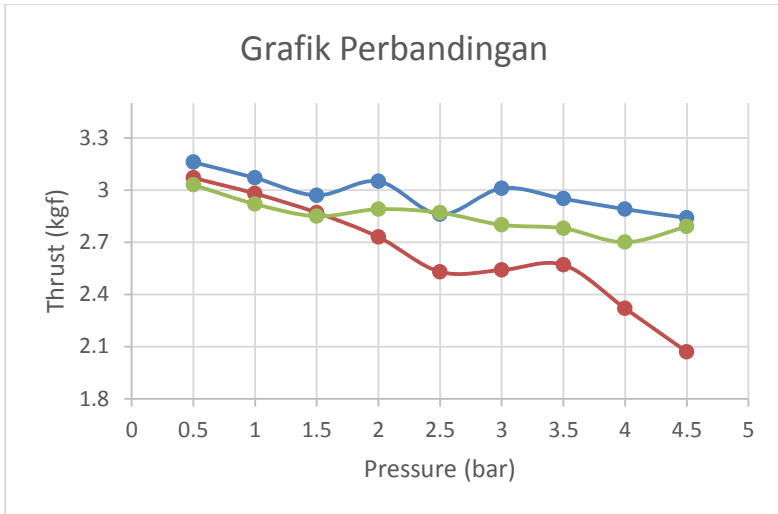


Gambar 4.11 aliran udara berbentuk gelembung berdiameter besar



Gambar 4.12 Aliran bersifat menyebar

Jika pada peletakan di forepeak, aliran udara yang diinjeksikan lebih bersifat menyebar dan tidak mengikuti aliran pada lambung prototype, sehingga tidak adanya lapisan udara yang melapisi badan kapal terlebih menuju daun propeller. Karakteristik udara yang diinjeksikan berbentuk gelembung udara dengan diameter yang kecil.



Gambar 4.13 Grafik perbandingan terhadap variasi peletakan injeksi udara



Gambar 4.14 aliran berbentuk gelembung berdiameter kecil

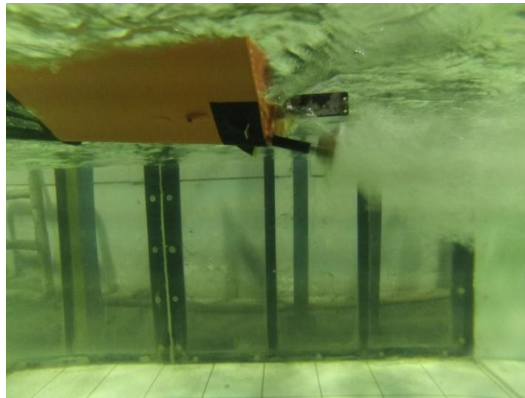
Pada gambar 4.13 garis biru merupakan peletakan di midship. Sedangkan garis hijau dan merah merupakan peletakan di forepeak dan afterpeak. Terlihat akibat variasi peletakan injeksi

udara yang dilakukan pada afterpeak akibat udara yang diinjeksikan dekat dengan aliran air yang menuju propeller, sehingga mengganggu aliran dan menyebabkan nilai thrust turun.

LAMPIRAN

Percobaan I

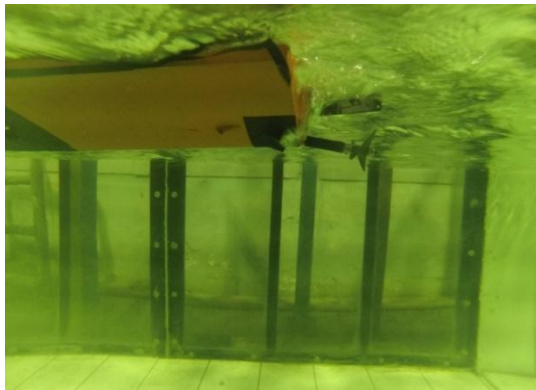
Pada percobaan pertama, yang dilakukan adalah menguji *thrust* prototype pada kondisi tanpa udara yang diinjeksikan. seperti gambar berikut: Dari hasil pengujian, didapatkan nilai 3.12 kgf. Nilai inilah yang dijadikan sebagai acuan nilai *thrust* standarnya.



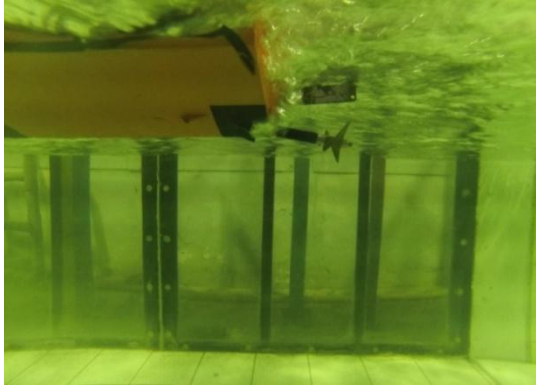
Lampiran 1 Tanpa air lubrication

Percobaan II

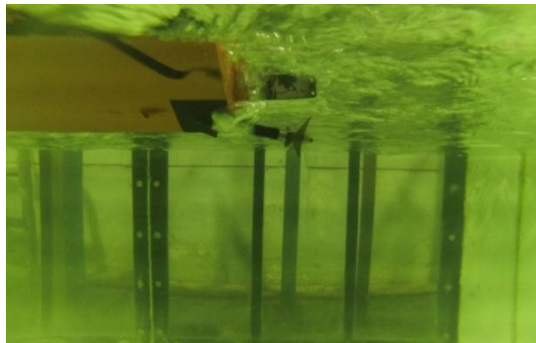
Pada percobaan ke II, untuk mengetahui sejauh mana pengaruh tekanan terhadap air layer yang dihasilkan.



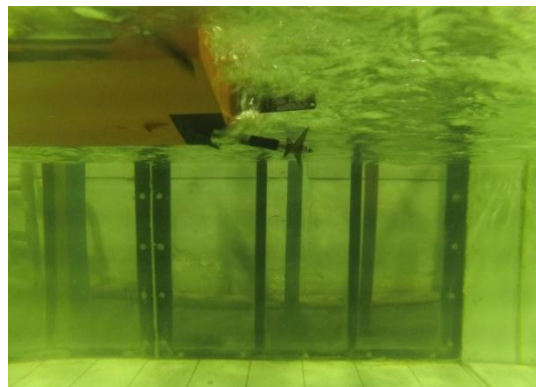
Lampiran 2 Tekanan 0.5 bar



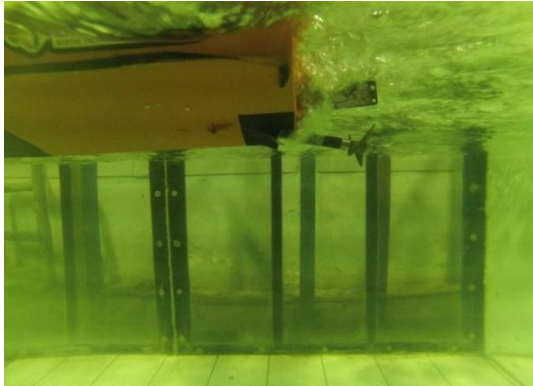
Lampiran 3 Tekanan 1 bar



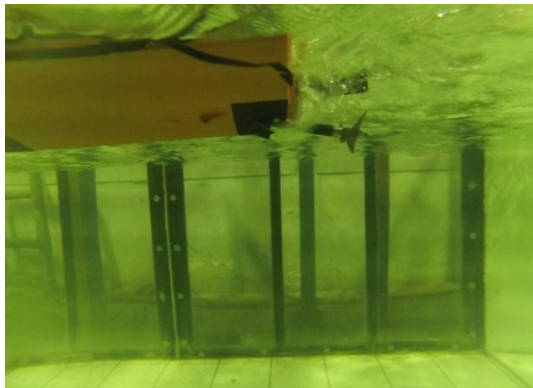
Lampiran 4 Tekanan 1.5 bar



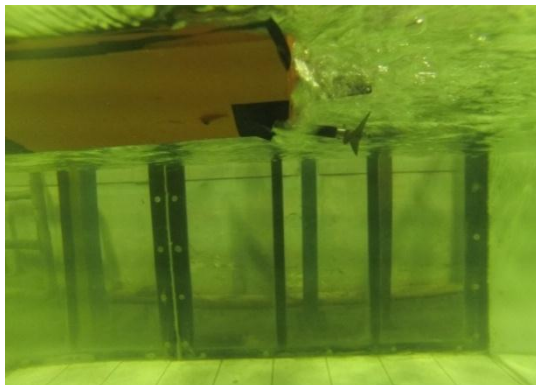
Lampiran 5 Tekanan 2 bar



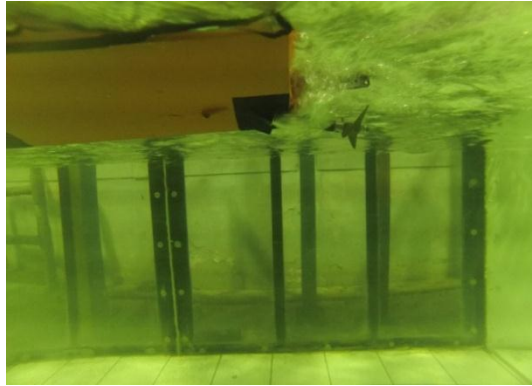
Lampiran 6 Tekanan 2.5 bar



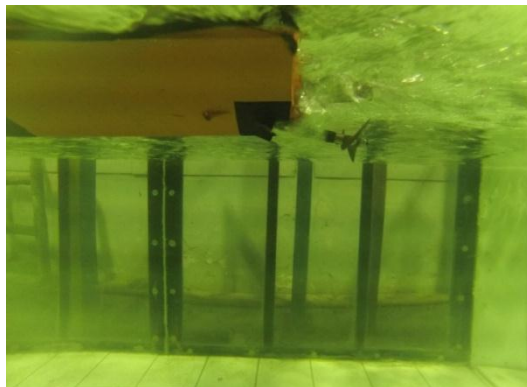
Lampiran 7 Tekanan 3 bar



Lampiran 8 Tekanan 3.5 bar

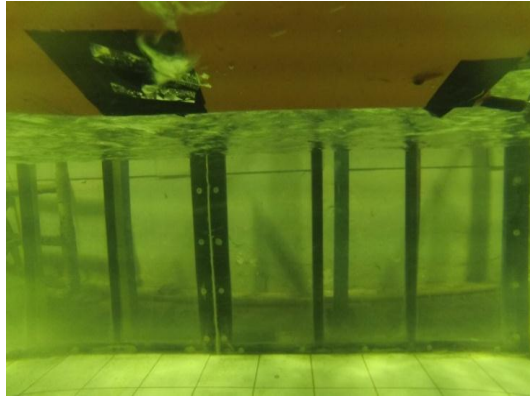


Lampiran 9 Tekanan 4 bar

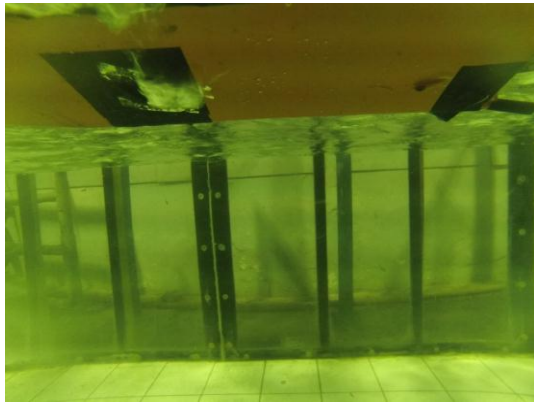


Lampiran 10 Tekanan 4.5 bar

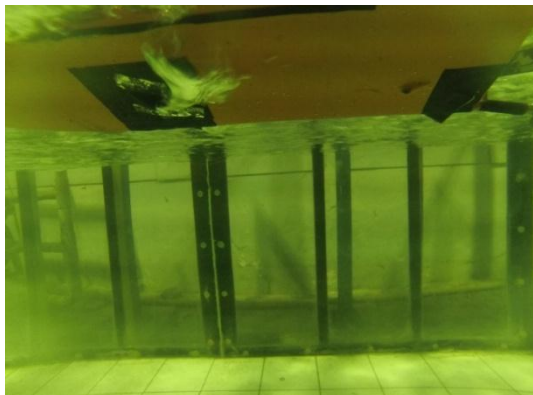
Pada percobaan diatas, lubang injeksi diletakkan di bagian afterpeak/buritan dari prototype. Variasi yang dilakukan meliputi variasi tekanan udara pada compressor (0.5 bar hingga 4 Bar). Hal diatas dilakukan untuk mengetahui sejauh mana pengaruh pressure yang diberikan oleh compressor terhadap air layer yang terbentuk.



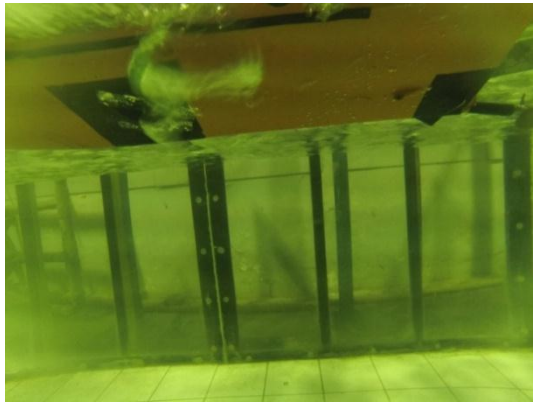
Lampiran 11 Tekanan 0.5 bar



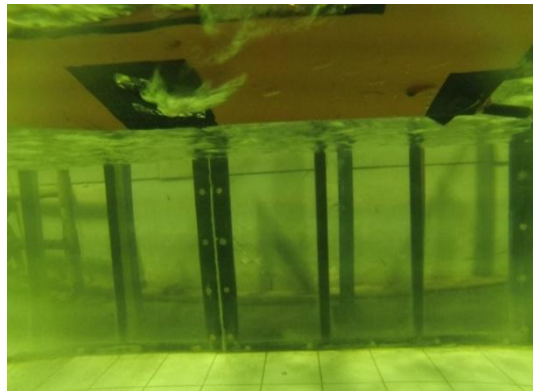
Lampiran 12 Tekanan 1 bar



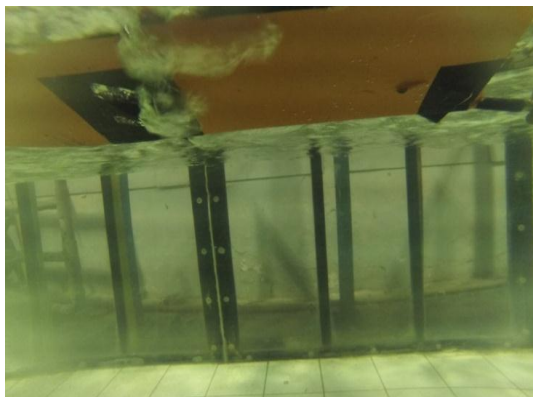
Lampiran 13 Tekanan 1.5 bar



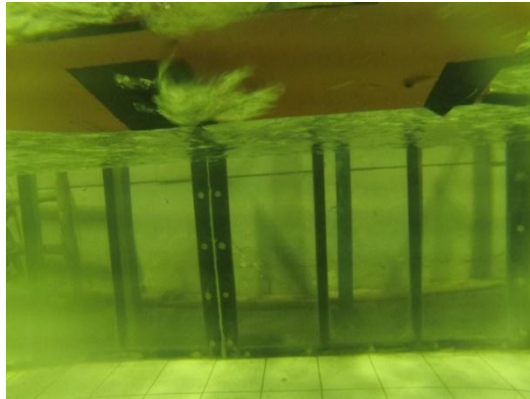
Lampiran 14 Tekanan 2 bar



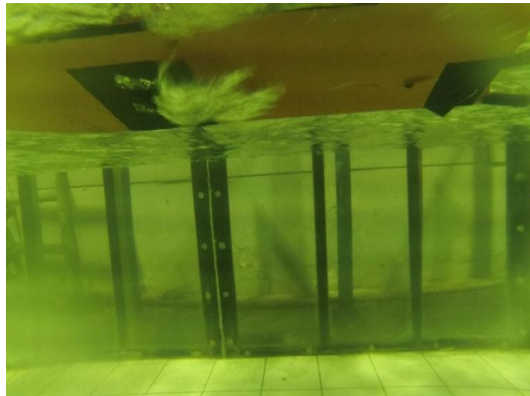
Lampiran 15 Tekanan 2.5 bar



Lampiran 16 Tekanan 3 bar



Lampiran 17 Tekanan 4 bar



Lampiran 18 Tekanan 4.5 bar

Pada percobaan diatas, lubang injeksi diletakkan di bagian midship dari prototype. Variasi yang dilakukan meliputi variasi tekanan udara pada compressor (0.5 bar - 4.5 Bar). Hal diatas dilakukan untuk mengetahui sejauh mana pengaruh pressure yang diberikan oleh kompressor terhadap air layer yang terbentuk.



Lampiran 19 Tekanan 0.5 bar



Lampiran 20 Tekanan 1 bar



Lampiran 21 Tekanan 1.5 bar



Lampiran 22 Tekanan 2 bar



Lampiran 23 tekanan 2.5 bar



Lampiran 24 Tekanan 3 bar



Lampiran 25 Tekanan 3.5 bar



Lampiran 26 Tekanan 4 bar



Lampiran 27 Tekanan 4.5 bar

Pada percobaan diatas, lubang injeksi diletakkan di bagian forepeak/haluan dari prototype. Variasi yang dilakukan meliputi variasi tekanan udara pada compressor (0.5 bar hingga 4.5 Bar). Hal diatas dilakukan untuk mengetahui sejauh mana pengaruh pressure yang diberikan oleh kompressor terhadap air layer yang terbentuk.

Perhitungan WSA (Wetted Surface Area) :



$$\text{Luasan I} = \text{Luasan } \boxed{\text{blue}} = 2 \times \frac{1}{2} \times \{(1 \times 9.5) + (4 \times 9) + (2 \times 8.5) + (4 \times 8) + (2 \times 7.5) + (4 \times 7) + (2 \times 6.5) + (4 \times 6) + (2 \times 5) + (4 \times 4) + (2 \times 3.5) + (4 \times 2.5) + (1 \times 1.5)\} = 292 \text{ cm}^2$$

$$\text{Luasan II} = \text{Luasar } \boxed{\text{red}} = 2 \times 30.5 \times 9.5 = 579.5 \text{ cm}^2$$



$$\text{Luasan III} = \text{Luasan } \square = \frac{1}{2} \times 17.5 \times 3 = 26.25 \text{ cm}^2$$

$$\text{Total WSA} = \text{L I} + \text{LII} + \text{LIII} = 897,5 \text{ cm}^2$$

BAB V

KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil eksperimen mengenai pengaruh *air lubrication system* terhadap performa *propeller*, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Variasi tekanan injeksi udara memberikan hasil adanya penurunan nilai thrust yang dihasilkan. Pada percobaan III (pada kondisi tekanan penginjeksian udara yang sama (0.5 hingga 4.5 bar), adanya perbedaan nilai *thrust* pada penginjeksian udara di midship, forepeak serta penginjeksian udara di afterpeak. Hal ini disebabkan akibat udara yang diinjeksikan di midship dan forepeak tidak masuk ke dalam aliran air yang menuju propeller.
2. Peletakan lubang injeksi udara berpengaruh terhadap nilai *thrust* yang dihasilkan. Alasan tersebut diakibatkan oleh distribusi aliran udara yang diinjeksikan pada midship dan forepeak cenderung bersifat menyebar dan tidak melapisi lambung kapal dengan dengan karakteristik bentuk gelembung berdiameter kecil pada forepeak dan berdiameter besar pada midship langsung naik ke permukaan. Dibandingkan dengan bila diinjeksikan pada afterpeak yang cenderung langsung mengarah serta mengganggu aliran pada daun propeller.
3. Peletakan injeksi paling efisien terletak pada midship. Hal tersebut terlihat pada tabel 4.1 yang menunjukkan nilai paling besar.
4. Tidak adanya pengaruh Air lubrication System terhadap lambung berbentuk v. Hal tersebut terlihat dari percobaan

dimana udara yang diinjeksikan cenderung keluar dan naik ke permukaan tanpa melumasi permukaan lambung.

5.2 Saran

Dalam pengerjaan skripsi ini tidak terlepas dari kekurangan, oleh karena itu untuk perbaikan serta pengembangan kedepannya diperlukan saran meliputi:

1. Penggunaan variasi metode pelumasan udara meliputi *Bubble Drag Reduction* dan *Partial Cavity Drag Reduction*
2. Metode perhitungan *thrust* menggunakan dynamometer supaya hasil yang didapatkan lebih baik dan akurat nilai yang didapatkan serta penggunaan stroboskop sehingga mampu mengetahui kinerja propeller didalam aliran yang bercampur dengan air lubrication.

DAFTAR PUSTAKA

- Abidin, M., Adji, S., Arief,I., 2012. Analisa Performance Propeller B-Series dengan Pendekatan Structure dan Unstructure Meshing. Jurnal Teknik ITS Vol.1, No 1,Surabaya,September.
- Ceccio, S., Perlin, M., Elbing, B. R. 2010. A Cost Benefit Analysis for Air Layer Drag Reduction. Proceedings, International Conference on Ship Drag Reduction SMOOTH-SHIPS, , Istanbul, Turkey, May 20–21
- Eduard, A. Microbubble Drag Reduction Downstream of Ventilated Partial Cavity. 2010. Journal of Fluids Engineering.
- Gokcay, S., Insel, M., Odasai, A. Y. 2004 .Revisiting Artificial Air Cavity Concept for High Speed Craft. Ocean Engineering.
- Harvald, S.1992.Tahanan dan Propulsi Kapal.Surabaya:Airlangga University Press.
- Hashim, A., Yaakob, O.B., Koh, K.K., Ismail, N., Ahmed, Y.M.2015.Review of Micro-bubble Ship Resistance Reduction Methods and the Mechanisms that Affect the Skin Friction on Drag Reduction from 1999 to 2015.Jurnal Teknologi UTM.
- Jacob, B., Angelo, M., Massimo, C., Emilio, F., Piva , R. 2010. Drag Reduction by Microbubbles in A Turbulent Boundary Layer. Physics of Fluids, .
- Kawabuchi, M., Kawakita, C., Mizokami, S., Higasa, S., Kodan, Y. & Takano, S.M. 2011. CFD Predictions of Bubbly Flow around an Energy-saving Ship with Mitsubishi Air Lubrication System. Mitsubishi Heavy Industries Technical Review Vol. 48, No.1.

Kawakita, C.2013. Study on Marine Propeller Running in Bubbly Flow. Third International Symposium on Marine Propulsors. Australia.

Kawakita, C., Takashima, R., Sato, K. 2012. CFD on Cavitation around Marine Propellers with Energy –saving Devices.Mitsubishi Heavy Industries Technical Review Vol. 49 No. 1

Mizokami, S., Higasa, S., Kawakita, C., Kodan, Y., Takano, S., Shigenaga, R.2010.Experimental Study of Air Lubrication Method and Verification of Effets on Actual Hull by Means of Sea Trial. Mitsubishi Heavy Industries Technical Review Vol. 47 No. 3

Mizokami, S., Kawano, M., Kawakado, M., Hasegawa, T., Hirakawa. I.2013.Implementation of Ship Energy-Saving Operations with Mitsubishi Air Lubrication System. Mitsubishi Heavy Industries Technical Review Vol. 50 No. 2

Streeter, V., Wylie, B.1999.Mekanika Fluida.Jakarta:PT.Gelora Aksara Pratama

BIODATA PENULIS



Penulis dilahirkan di Dili, 17 April 1993, merupakan anak ketiga dari tiga bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal di beberapa sekolah antara lain yaitu SDN 1 Pacitan, SMPN Pacitan, SMAN 271 Pacitan. Lulus dari SMAN 271 Pacitan, penulis melanjutkan pendidikan ke jenjang strata-1 dan diterima di Jurusan

Teknik Sistem Perkapalan FTK-ITS pada tahun 2012. Penulis mengambil bidang Fluid Machinery and System Laboratory/Laboratorium Mesin Fluida dan Sistem. Penulis aktif di bidang intra kampus, menjabat sebagai teknisi Marine Diesel Assembling, OC serta Cak Ning Gerigi ITS selama tahun 2013-2014, Kepala Departemen Hubungan Luar Badan Eksekutif Mahasiswa, FTK-ITS. Penulis juga aktif kegiatan ekstra kampus meliputi Ikatan mahasiswa daerah, serta komunitas yang bergerak dibidang pengembangan sosial masyarakat seperti SSC/Save Street Children Surabaya serta Ketimbang Ngemis region Surabaya.